

Om tømmerhogst og klimanøytralitet

Bjart Holtsmark*

Når man skal vurdere klimagevinsten av ulike bioenergitiltak, er det gjeldende praksis å anta at bioenergi er klimanøytralt. Dette innebærer at utslipp fra trevirke beregnes til å være null, til tross for at forbrenning av trevirke gir like høye CO₂-utslipp per energienhet som kull. Mer realistiske anslag på klimaeffekten av trevirke som bioenergi vil kunne føre til en revurdering av hvilke klimaprojekter som bør igangsettes.

Bakgrunn

Etter flere århundrer med rovdrift, var den norske skogens stående masse meget lav ved begynnelsen av 1900-tallet. Denne situasjonen førte til advarsler om konsekvensene dersom man ikke innførte reguleringer av skognæringen, se Barth (1916). Følgelig ble det foretatt skogpolitiske grep, herunder omfattende nyplanting, som førte til at norsk skog gjennom det 20. århundre ble preget av sterk vekst i stående masse, se figur 1.

Nyplantingen var spesielt omfattende i tiårene etter andre verdenskrig, noe vi i dag ser resultatet av, ved at biomassen i norsk skog er i sterk vekst. Denne tilveksten innebærer at vi nå er inne i en fase der skogen som CO₂-lager hvert år øker med om lag 25 millioner tonn CO₂. Til sammenligning var norske CO₂-utslipp fra bruk av fossile kilder i 2009 42 millioner tonn. Norske nettoutslipp ligger for tiden altså rundt 17 millioner tonn CO₂.

Den omfattende skogplantingen i Norge i andre halvdel av forrige århundre medfører at norsk skog trolig vil fortsette å legge på seg gjennom hele dette århundret. Men hvor mye skogen legger på seg, og dermed hvor mye CO₂ skogen vil fange og lagre fremover, påvirkes av hvordan vi velger å forvalte skogen.

Rapporten fra faggruppen Klimakur 2020, som ble offentliggjort i februar i år, presenterer scenarier for hvordan norsk skog vil utvikle seg som CO₂-lager ved ulike nivå på uttak av trevirke fremover (Klimakur 2020, 2010). Scenariene er imidlertid ikke sammenlignet slik at man kan danne seg et inntrykk av i hvilken grad økt

uttak av trevirke for bioenergiformål vil være et fornuftig klimatiltak eller ikke.

En slik sammenligning finner vi imidlertid i Goksøyr mfl. (2010). Basert på tall fra Klimakur 2020 (2010) kom Goksøyr mfl. (2010) frem til at veksten i skogens karbonlager kan bli såpass dempet ved økt hogst at det vil øke norske netto CO₂-utslipp i det meste av århundret, selv om trevirket erstatter fossile energikilder.

Denne konklusjonen har skapt debatt, se for eksempel Brekk (2010), Solberg mfl. (2010) og Økstad (2010), blant mange andre innlegg i denne debatten. Sentralt i debatten står beregningene til Klimakur 2020. Tallene deres bygger på Astrup mfl. (2010). Beregningene i Astrup mfl. (2010) går imidlertid kun frem til 2100. Samtidig har det i debatten blitt hevdet at det på enda lengre sikt vil gi en betydelig klimagevinst om vi i dag øker hogsten for bioenergiformål, se for eksempel Solberg mfl. (2010) og Økstad (2010).

For å få en pekepinn på om det faktisk er store klimagevinster på veldig lang sikt, og for å bidra til forståelse for skogens dynamikk, vil jeg i denne artikkelen presentere et regneeksempel der jeg modellerer et tenkt skogområde som er representativt for norsk skog frem til 2200. Før jeg kommer tilbake til regneeksemplet, og anslåtte effekter av økt hogst, vil jeg i neste avsnitt introdusere begrepet klimanøytralitet.

Er trevirke klimanøytralt?

I klimaanalyser er det vanlig å anta at forbrenning av trevirke er en CO₂-nøytral prosess, se for eksempel Bright and Strømman, 2009, Petersen og Solberg, 2005, Sjølie mfl., 2010, Sjølie og Solberg, 2009, Zhang mfl., 2010, Raymer, 2006. Begrunnelsen er at et hogget og brent tre etter hvert blir erstattet av et nytt som fanger tilbake den mengden CO₂ som ble generert ved forbrenningen.

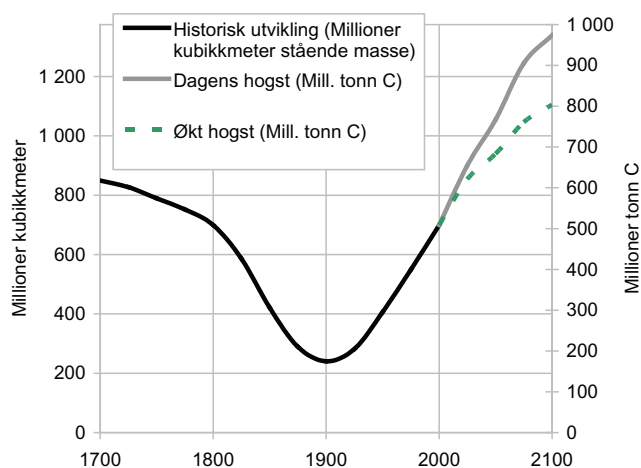
Dette hadde vært et rimelig resonnement hvis trær vi hogger står der igjen året etter, eller i hvert fall noen få år etter. Men det gjør de ikke. Endog etter 10 eller 20 år er det normalt bare små 'busker' som har vokst opp, i hvert fall hvis vi snakker norsk skog. I mange deler av norsk skog blir ikke trærne hogstmodne før de er 80 – 100 år gamle. Denne lange vekstperioden er i seg selv

Bjart Holtsmark er forsker i Gruppe for klima- og energioekonomi (bjj@ssb.no)

* Takk til Hans Goksøyr, Olav Norem og Trygve Refsdal for deres initiativ til en viktig debatt, først gjennom Goksøyrs artikkel "Skogsvirke som brensel øker CO₂-problemet" i Teknisk Ukeblad 22. august 2007, senere gjennom ulike innspill, se blant annet Norem (2008) og Refsdal (2008a,b). Jeg har også dratt nytte av Goksøyr's upubliserte notat "Skog og CO₂ – energiskog eller depotskog". Takk også til Lise Dalsgaard og Rasmus Astrup ved Institutt for skog og landskap for nyttige samtaler og korrespondanse, og til Annegrete Bruvoll, Ketil Flugsrud, Taran Fæhn, Torbjørn Hægeland, Olav Norem og Jørgen Randers for merknader til ulike utkast.

et argument for at forutsetningen om trevirkets klimanøytralitet er misvisende. Men som jeg vil komme tilbake til i neste avsnitt, er det også andre argumenter for en slik konklusjon.

Figur 1. Historisk utvikling i stående masse i norsk skog (målt i kubikkmeter), og fremtidig utvikling i skogens karbonlager (i millioner tonn C) gjennom det 21. århundre ved å holde dagens hogstnivå og når hogsten økes med 50 prosent



Kilde: Det norske Skogselskap (historiske tall) og Klimakur 2020/Institutt for skog og landskap (scenariene).

Et ferskt eksempel på hvordan trevirkets klimanøytralitet likevel forsvares, finner vi i Sjølie mfl. (2010). Her presenterer forfatterne beregninger av eventuelle klimagevinster av en overgang fra fossile kilder til trevirke. De har gjort et grundig arbeid for å summere alle utslipp knyttet til hogst og videreforedling av trevirket som brensel. Og de gjør nøye rede for hvor store utslippsreduksjoner man oppnår når man kan redusere bruken av fossil energi.

Men når de kommer til spørsmålet om man skal regne med utslippene fra forbrenning av trevirket, skriver Sjølie mfl. (2010) følgende:

“CO₂ is excluded in calculation of emissions from combustion, as wood is considered carbon neutral” (ibid. s. 61).

Forfatterne gir følgende begrunnelse:

“The carbon neutrality of bioenergy is often taken for granted, but for this to be true, the forest increment has to be at least as large as the harvest. As explained earlier, the harvest in Norway is much smaller than the increment: the condition for carbon neutrality is thus met.” (ibid. s. 62)

Som illustrert i figur 1, har Sjølie mfl. rett i at uttaket av trevirke fra norsk skog er mindre enn tilveksten, og det vil den være også om man øker hogsten betydelig, se figur 1. Men det er vanskelig å se hvorfor dette er et

argument for å ikke regne med utslippene av CO₂ fra forbrenning av trevirke, dersom man skal gjøre en klimaanalyse av økt uttak av trevirke for bioenergiformål.

Man kan betrakte skogen som et anlegg for fangst og lagring av CO₂. Men det er ikke uvesentlig *hvor mye* karbon skogen lagrer. For å trekke en parallell: Hvis fangstanlegget på Mongstad blir realisert, er det vesentlig hvor mye CO₂ man får fanget der, ikke bare at det er en fangst strengt større enn null. Hvis ikke kunne man nøydt seg med å bygge det planlagte testanlegget som skal fange 100 000 tonn CO₂ per år, eller endog noe enda mindre. Det ville blitt mye billigere.

En skog som eksempel

En typisk livssyklus for et norsk grantre er som følger: Først har det en vekstfase på omkring 100 år. De påfølgende 100 år har det en relativt stabil masse. Deretter dør treet, men blir stående som tørrgran i rundt 30 år, før det faller til bakken og går i oppløsning i løpet av de neste hundre år.

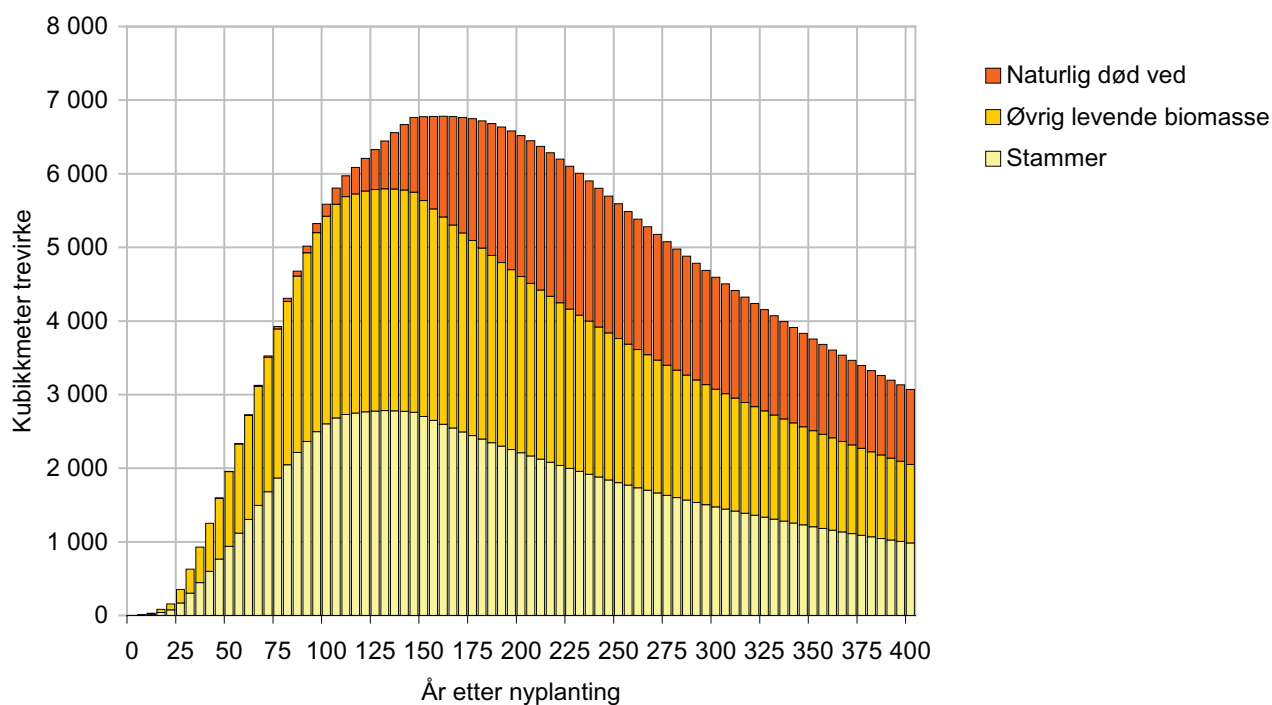
Denne lange livssyklusen gir oss en indikasjon på at det blir feil å se bort fra CO₂-utslippene ved forbrenning av trevirke. Men sammenhengene er komplekse. Skogens dynamikk kan ikke forstås ved å studere enkeltrær. For å gå nærmere inn på hvorfor det blir feil å snakke om trevirke som karbonnøytralt, også på lang sikt, vil jeg i de følgende presentere et regneeksempel med utgangspunkt i en modell av en skog på 125 identiske teiger. Neste avsnitt gjør rede for egenskapene til disse standardteigene. I de påfølgende avsnitt presenteres så resultater.

Vi tenker oss en granskog på 125 identiske teiger, hver teig er på fem hektar. Alle teigene er av en relativt normal frodighet til norsk skog å være. Utviklingen i biomasse på en teig i årene etter nyplantning er beskrevet i figur 2. Utviklingen i biomasse etter 130 års alder er usikker og vanskelig å anslå. Luyssaert (2008) indikerer at en skog fortsetter å akkumulere karbon uansett hvor gammel den er. Som et konservativt anslag har jeg likevel antatt at skogens biomasse faller betydelig når den blir gammel.

I figur 2 kan vi legge merke til at stammevirket, som er det som normalt tas ut ved hogst, kun utgjør 50 prosent av skogens levende biomasse. Det er dessuten viktig å være klar over at i en norsk skog, i motsetning til i tropisk regnskog, er det mer karbon lagret i jorda enn i trærne. På grunn av stor usikkerhet om sammenhengene, vil jeg i denne artikkelen se bort fra at hogst kan bidra til å svekke jorden som karbonlager (Astrup mfl 2010, Nilsen mfl. 2008).

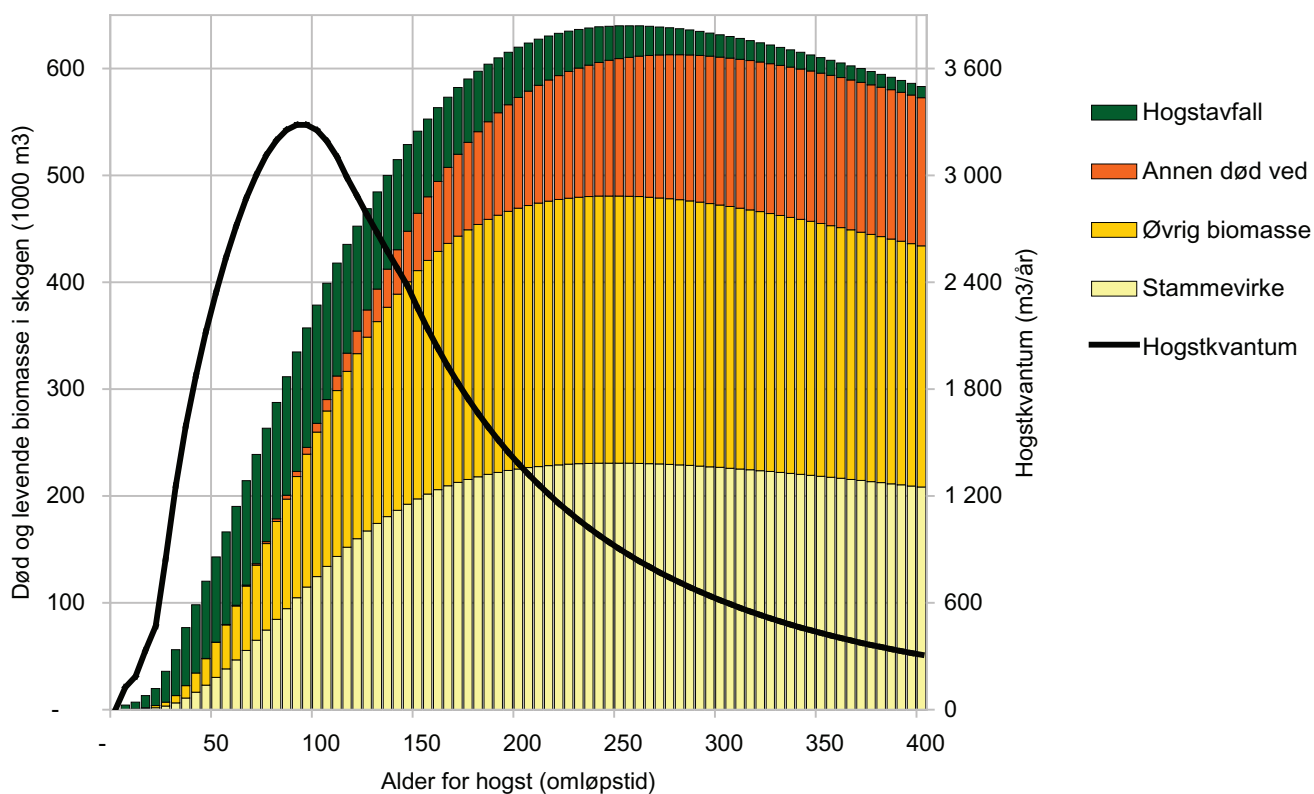
Når det gjelder tømmerhogst, legger jeg til grunn at skogeieren ikke utnytter grener, topper, røtter eller stubber. Denne delen av biomassen blir følgelig liggende igjen i skogen etter flatehogst og oksideres gradvis til CO₂. Basert på Liski (2005) har jeg forutsatt at død biomasse oksideres etter et tidsforløp som er beskrevet

Figur 2. Antatt utvikling av levende og død biomasse på den enkelte teig i årene etter at en teig er plantet til

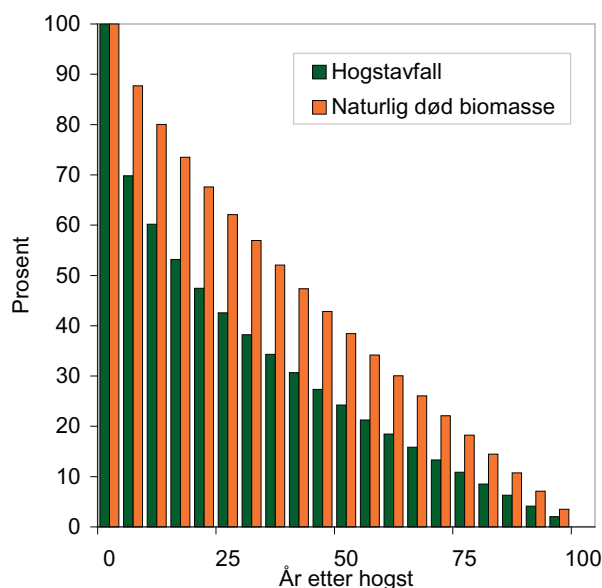


Mengden karbon i biomassen er proporsjonal med volumet. Naturlig avgang er lav frem til 80-90 års alder, øker deretter raskt frem til 150 års alder, hvor den etter hvert stabiliseres. Mengden død ved fra tidligere perioder er ikke inkludert her.

Figur 3. Hogstkvantum og karbon lagret i død og levende biomasse i steady state med ulik omløpstid



Figur 4. **Antatt utvikling i død biomasse etter flatehogst.**
Søylene viser andelen av biomassen som ikke er destruert på ethvert tidspunkt



i figur 4. Naturlig død biomasse oksideres noe saktere enn hogstavfall, da den naturlig døde biomassen også inneholder stammevirke, som går vesentlig saktere i oppløsning sammenlignet med grener, toppler og røtter.

Omløpstid og karbonlager

For å få lett tolkbare resultater, vil jeg i de videre beregningene legge til grunn at skogen i utgangspunktet har vært drevet på en måte som har gitt den en jevn aldersfordeling. Det vil si at det til enhver tid er like mye skog av alle årsklasser. I neste avsnitt tar jeg utgangspunkt i at omløpstiden er 125 år. Da innebærer jevn aldersfordeling at det er én teig som er flathogget siste år, én med ett år gammel nyplantning, osv, helt opp til siste teig, som ble hogget for 125 år siden.

Figur 3 er en sentral figur for å diskutere spørsmålet om CO₂-nøytralitet. Figuren viser hogstkvantum (kurven) og skogens biomasse (søylene) for ulike omløpstider (den horisontale akse). Skogens biomasse er proporsjonal med karbonlageret. Merk at vi her ser på hele skogen (alle teigene summert) og vi betrakter en skog i det vi kan kalle *steady state*, i den forstand at omløpstiden er konstant over tid, og har vært konstant så lenge tilbake i tid at skogen er kommet over i en tilstand der uttak og stående masse er konstant. En skog i *steady state* er karbonnøytral.

Figur 3 bekrefter at *hogstkvantum* maksimeres med en omløpstid på 90 år. Men skogens *karbonlager* maksimeres med en omløpstid på rundt 250 år. Faktisk er biomassen, og dermed skogens karbonlager, nesten dobbelt så stor dersom man velger en omløpstid på 280 år i stedet for 90 år.

Dette kan virke paradoksalt ettersom figur 2 viser at biomassen i en enkeltteig når sitt maksimum 150 år et-

ter flatehogst. Saken er imidlertid at ved å øke omløpstiden fra 150 til 250 år, vil det til enhver tid bli færre teiger som nylig er blitt hogget. Kort sagt; med en lang omløpstid vil de fleste teigene på ethvert tidspunkt ha en biomasse som er stor. Med kort omløpstid vil derimot en stor del av skogen til enhver tid relativt nylig ha blitt hugget og ha en lav biomasse.

Figur 3 er nok til å fastslå at det er misvisende å snakke om trevirke som CO₂-nøytral energi, også på lang sikt. Figur 3 viser at med et høyt *permanent* hogstkvantum vil skogens karbonlager være lavt på *permanent* basis. Hvis man derimot velger en høy omløpstid i skogen, vil skogens karbonlager på *permanent* basis bli stort. Hvis man for eksempel velger en omløpstid på 90 år, kan man hugge 1,4 teiger hvert år. Det vil gi 3300 m³ uttatt virke, og et stående biomasse på 335 000 m³. Velger man en omløpstid på 250 år, kan man ikke hugge mer enn 0,45 av en teig per år. Det vil gi et hogstkvantum på kun 900 m³, mens den totale stående biomassen er på 640 000 m³.

Det er altså ikke slik at om vi øker avvirkningen, så får vi bare en *midlertidig* økning i utslipp av CO₂ som skogen fanger tilbake i sin helhet på lang sikt. En *permanent* økning i hogsten gir en *permanent* nedgang i skogens karbonlager. Det skal vi også se nærmere på i neste avsnitt.

Figur 3 viser også at man ikke kan diskutere spørsmålet om CO₂-nøytralitet ved å studere effekten av at et enkelt tre hogges og brennes samtidig som et nytt tre plantes og dermed etter hvert fanger tilbake den opprinnelige karbonmengden. Figur 3 illustrerer at det blir et for enkelt resonnement som ikke fanger opp de viktigste dynamiske effektene av økt hogst og der overforenklingen fører til en konklusjon om at man har karbonnøytralitet på lang sikt. Poenget er at om man skal øke bruken av trevirke som energiform, må man redusere omløpstiden i skogen. Det er ikke en karbonnøytral energiomlegging, heller ikke på lang sikt.

Kortsiktige og langsiktige virkninger av økt hogst

Som et utgangspunkt for et regneeksempel antar vi at skogeieren i 2010 gjennom mange generasjoner har latt skogen ha en omløpstid på 125 år og at skogen har fått en jevn aldersfordeling slik at skogen er i *steady state*. Det er konstant mengde død og levende biomasse på 470 000 m³ og 2 775 m³ uttatt virke per år. Skogens netto opptak av CO₂ er nå null. En skog i *steady state* gir et godt utgangspunkt for et lett tolkbart regneeksempel.

Skogeieren beslutter nå å øke uttatt masse, eksempelvis med 500 m³, til 3275 m³ årlig. La oss se hva det fører til.

For å kunne øke hogsten med 500 m³ kan ikke eieren lenger nøye seg med å ta én teig hvert år. Han må i tillegg ta litt av en annen teig også, og han velger da hele tiden å gå på den teigen med de nest eldste trærne. Gradvis må nå eieren hogge på teiger med yngre trær

og gradvis vil gjennomsnittsalderen på trærne falle. Nyplantede og helt unge trær har lite masse. Følgelig vil også skogens samlede biomasse falle, som vist i figur 5. Men den økte avvirkningen gir mer hogstavfall. De første 100 årene etter avvirkningsøkningen vil derfor mengden død ved fra hogst øke, før den igjen er stabil fra år 2110.

Det er viktig å merke seg at mens figur 3 beskriver situasjonen i ulike steady state situasjoner, så viser figur 5 bare første fase i overgangen fra en steady state til en ny steady state. Men overgangen tar flere hundre år, slik at bare en del av overgangsfasen vises i figur 5.

Når skogens stående masse faller fordi man tar ut trevirke og anvender dette til brensel, innebærer det følgelig at et karbonlager blir overført til atmosfæren og bidrar til den globale oppvarmingen. Økning i CO₂ tilført atmosfæren kan vi da beregne ved å se på nedgangen i biomasse. Jeg har her antatt at i 1 m³ biomasse gir 0,77 tonn CO₂ ved forbrenning.¹ Skogens netto utslipp av CO₂ inklusive utslippene ved forbrenningen av hogsten, vises i figur 6.

La oss gå litt nærmere inn på skogens netto utslipp av CO₂, som er beskrevet i figur 6. Hvert år blir det nå tatt ut 500 m³ mer trevirke, som per forutsetning blir brukt til brensel. Forbrenningen gir i seg selv utslipp av 387 tonn CO₂ umiddelbart, jfr. den første av de lysegule søylene. Men de nederste søylene i figur 6 viser en nedadgående trend. Dette henger blant annet sammen med at de nyplantede trærne etter hvert vil komme til en alder der de vokser raskere, og dermed fanger CO₂, som må trekkes fra for å få nettoeffekten på utslippene.

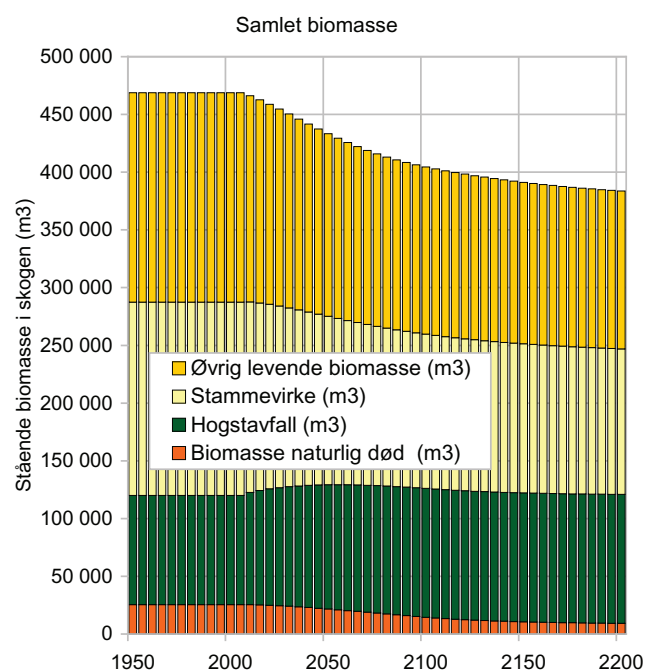
Men vi må også ta hensyn til at det etter hogsten ligger igjen hogstavfall som råtner og dermed avgir CO₂. Samtidig vil man også få en nedgang i ikke bare massen av stammevirke, men også all øvrig levende biomasse i skogen. Summen av disse effektene er ivarettatt med de midterste søylene i figur 6.

Endelig vil økt hogst og redusert omløpstid redusere mengden naturlig død ved i skogen, fordi det typisk er gammel skog som har et stort innslag av død ved.

Når man sier at trevirke som brensel er CO₂-nøytralt, gjør man i virkeligheten ikke bare den forenkling forutsetning at skogens økte CO₂-fangst skjer umiddelbart etter at trevirket er hogget og brent. Men man overser også at det skjer en varig nedgang i skogens lager av både død og levende biomasse, dersom en øker avvirkningen på permanent basis.

Den helt vanlige forutsetningen om at trevirke er klimanøytralt, innebærer kort sagt at man antar at søylene

Figur 5. Stående stammevirke, øvrig levende biomasse og mengden død ved før og etter at avvirkningen øker med 500 m³ per år i 2010



i figur 6 er så små at man kan se bort fra dem. Neste avsnitt vil vise at dette kan være en misvisende tilnærming.

Reduserte utslipp fra redusert bruk av fossile kilder

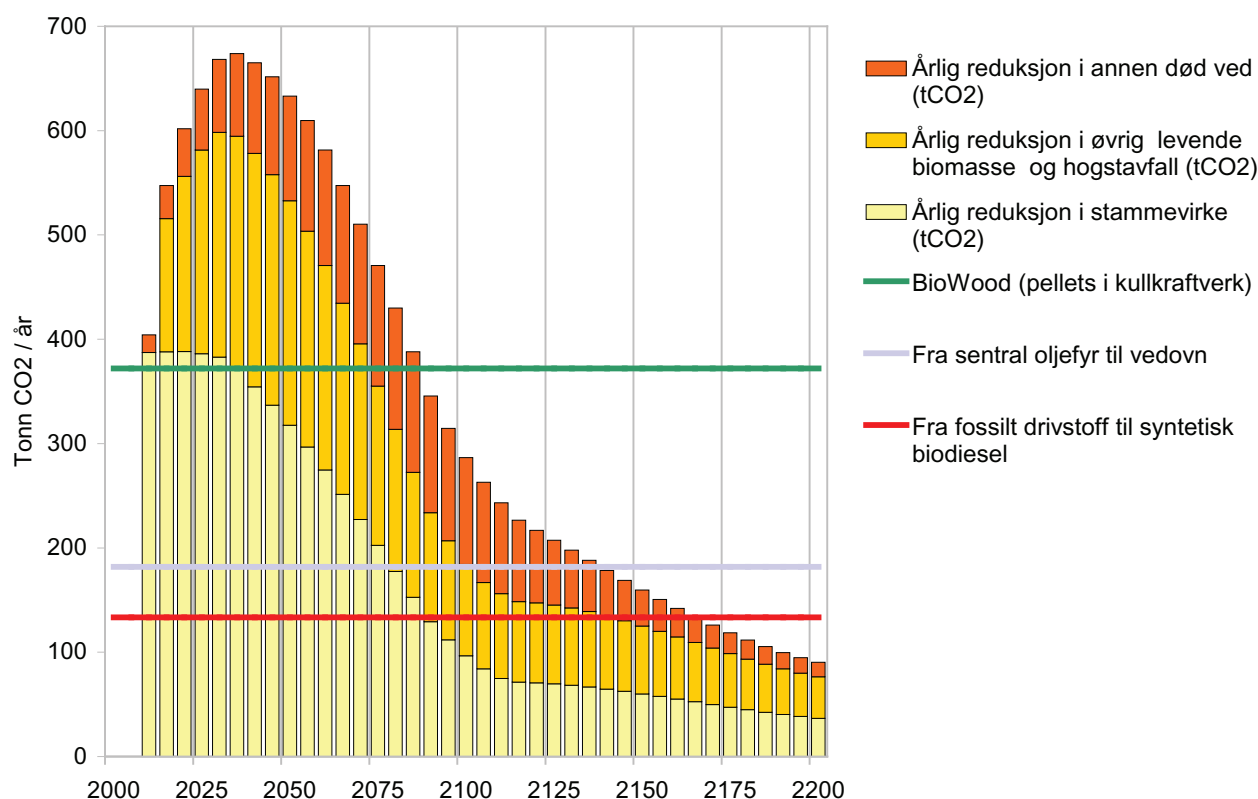
Hittil har jeg kun sett på hvordan hogsten påvirker skogens biomasse og dermed skogens karbonlager. I dette avsnittet vil jeg se på i hvilken grad økt uttak av trevirke for bioenergiformål kan bidra til å redusere bruken av fossile brenslers. Argumentet for å ta ut mer trevirke, er nettopp at det kan redusere bruken av fossil energi og dermed utslippene av CO₂. Spørsmålet blir da om nedgangen i skogens karbonlager er større eller mindre enn den CO₂-gevinsten man får ved redusert bruk av fossile kilder.

Hvor mye fossilt brensel trevirket kan erstatte, vil variere sterkt fra tilfelle til tilfelle. Og det vil ofte være betydelige CO₂-utslipp i forbindelse med foredlingen av trevirket, for eksempel til pellets. I det følgende vises tre eksempler på hvordan ulik anvendelse av trevirket vil påvirke netto CO₂-utslipp.

I det ene tilfellet har jeg antatt at trevirket brukes i produksjon av pellets, og at dette produktet brukes til erstatning for kull i kullkraftverk. Dette er en aktuell problemstilling ettersom det nylig er startet opp en pelletsfabrikk på Averøy (BioWood), som skal produsere store mengder pellets for denne typen anvendelser. Sjølie og Solberg (2009) presenterer en klimaanalyse av nettopp BioWood, der de antar at trevirke er CO₂-nøytralt, og kommer frem til at BioWood følgelig er et godt klimatiltak. BioWood har fått 97 millioner kroner i støtte fra Enova.

¹ Karboninnholdet og energimengden i en kubikkmeter biomasse avhenger av densiteten. Med en densitet på 423 kg/m³ legger jeg til grunn 0,211 tonn karbon per m³, eller 0,774 tonn CO₂ per brent m³ trevirke. Med en fuktighet på 35 prosent gir dette en teoretisk (effektiv) brennverdi på 2255 kWh per m³ trevirke.

Figur 6. Søylen viser årlig reduksjon i karbon lagret i levende og død biomasse, etter at avvirkningen øker med 500 m³ i 2010. Den økte hogsten utnyttes som energi. Linjene viser reduserte utslipp fra erstattet fossilt brensel



I det andre tilfellet antar jeg at trevirket tørkes og brukes som ved i gode ovner til erstatning for oljefyringsanlegg.

I det tredje tilfellet ser jeg på tilfellet der trevirket brukes til å lage andre generasjons biodiesel, slik Norske Skog/Xynergo har planer om.

Når det gjelder spørsmålet om hvor mye fossile brenslere trevirket erstatter, bygger jeg her på beregningene i Sjølie mfl. (2010), Sjølie og Solberg (2009) og i Klimakur 2020 (2010). Sjølie mfl (2010) anslår at en oljefyr avgir 317 tonn CO₂-ekvivalenter per GWh (inklusive anslåtte utslipp i forbindelse med produksjon av olje), men anslår samtidig at energiforbruk osv i forbindelse med hogst gir 48 tonn CO₂-ekvivalenter per GWh. Netto blir følgelig 269 tonn CO₂/GWh. Videre anslår de at en vedovn har en virkningsgrad på 60 prosent. Med et teoretisk energiinnhold til trevirke på 2255 kWh/m³, og en antatt fuktighet på 35 prosent, får vi da 1353 kWh/m³. Følgelig vil én kubikkmeter trevirke anvendt som ved i vedovn kunne eliminere 0,363 tonn CO₂-utslipp fra en oljefyr, se tabell 1. Det betyr at 500 m³ trevirke anvendt som ved kan eliminere 182 tonn CO₂ fra oljefyringsanlegg, se den midterste linjen i figur 6.

I tilfellet der trevirket blir til pellets og brukes til erstatning for kull i kullkraftverk, har jeg fulgt beregningene i Sjølie og Solberg (2009). De ser imidlertid på to

tilfeller. I de ene tilfellet legger de til grunn at BioWood bruker utslippsfri norsk vannkraft. I det andre tilfellet legger de til grunn at elektrisitet i Norge på marginen hentes fra kontinentet og dermed i hovedsak baseres på kull. Virkeligheten ligger trolig et sted midt mellom. Jeg har derfor tatt et gjennomsnitt av de to tilfellene. Sjølie og Solberg (2009) antar at både pellets og kull har en virkningsgrad på 35 prosent. Med en fuktighet på 8 prosent, gir det en energioutput på 779 kWh/m³ trevirke. Jeg kommer da til at en kubikkmeter trevirke som pellets i kullkraftverk kan eliminere 0,744 tonn CO₂ fossile utslipp, se tabell 1. Vi multipliserer med 500 m³ trevirke for å komme fram til den øverste linjen i figur 6.

Når det gjelder hvor mye fossile utslipp som kan elimineres med syntetisk biodiesel, har jeg lagt til grunn middelverdien av intervallet som oppgis i Klimakur 2020 (2010), side 186. Der anslås det at en m³ trevirke som biodiesel kan eliminere 0,267 tonn CO₂ fra fossilt drivstoff. Multiplisert med 500 gir det en substitusjon på 133 tonn CO₂, se figur 6.

Vi er interessert i nettoeffekten på CO₂-utslippene. Fra figur 6 kan vi få et visuelt inntrykk av størrelsen på disse ved å sammenligne søylene med de vannrette linjene. Linjene viser hvor mye CO₂-utslipp man årlig kan bli kvitt ved å øke uttaket av trevirke og bruke det som brensel.

Tabell 1. Beregning av substitusjonsfaktorer

	Tonn CO ₂ /m ³ fra biomassen	Fuktighet i biomassen (prosent)	Virkningsgrad i biomassen (prosent)	Energioutput av biomassen kWh/m ³	Substitusjon (tonn CO ₂ e/GWh)	Substitusjon (tonn CO ₂ e/m ³)
Fra oljefyr til god vedovn*	0,78	35	60	1353	225	0,363
Pellets i kullkraftverk (BioWood)*	0,775	8	35	779	956	0,744
Fra fossil drivstoff til syntetisk (andre generasjons) biodrivstoff	-	-	-	-	-	0,267**

* Basert på Sjølie mfl. (2010). For pellets har jeg lagt til grunn anslagene på utslipp ved produksjon gitt i Sjølie og Solberg (2009), alternativet der el er basert på kull.

** Middelverdi av anslagene i Klimakur 2020 (2010), side 186.

Den øverste linjen i figur 6 viser tilfellet med BioWood, under de samme numeriske forutsetningene som Sjølie og Solberg (2009), bortsett fra at Sjølie og Solberg ser bort fra utslippene fra skogen og fra forbrenning av trevirket. Når jeg tar hensyn til dette, viser figur 6 at BioWood kan komme til å bidra til en netto økning i utslippene av CO₂ til atmosfæren helt frem til omkring 2090.

Den midterste linjen viser så tilfellene der ved erstatter en oljefyr. Dette gir en enda mindre gunstig bilde enn tilfellet der trevirket ble omdannet til pellets og anvendt i kullkraftverk. Gjennom hele dette århundret og langt inn i neste vil ved til erstatning for oljefyr til oppvarming øke nettoutslippene til atmosfæren, med mine numeriske forutsetninger. Og her vil de akkumulerte utslippene være så høye at man ikke innenfor en tids-horisont på flere hundre år vil ha hentet igjen det tapte, selv når man tar hensyn til nedbryting i atmosfæren.

Endelig viser den nederste linjen substitusjonseffekten ved å bruke det uttatte trevirket som råstoff i produksjon av syntetisk biodiesel, slik Norske Skog/Xynergo ønsker å gjøre i Norge. Vi ser at den nederste linjen ligger under søylene i hele det 21. århundre og også det meste av det neste århundre. De beregnede utslippene ved å bruke biodiesel gjennom hele det 21. århundret anslås å være fire ganger så høye som utslippene ved å bruke fossil diesel. Beregningene tyder altså på at syntetisk biodiesel produsert fra norsk trevirke vil kunne øke CO₂-utslippene med 300 prosent i gjennomsnitt over dette århundret i forhold til å fortsette med fossil diesel. Dette står i kontrast de resultatene man får når man forutsetter at trevirke er klimanøytralt. På KLIF, no heter det for eksempel at syntetisk biodiesel vil gi 95 prosent reduksjon i CO₂-utslippene når det erstatter fossil diesel.

Sluttkommentar

Den lange livssyklusen for et norsk grantre er i seg selv en indikasjon på at det er misvisende å betrakte norsk trevirke som en klimanøytral energikilde. Men vi har her sett at dette bare er ett av flere forhold som taler for at man bør endre praksis når vi skal anslå eventuelle klimagevinster av bioenergitiltak. For det første spiller dynamikken knyttet til både hogstavfall og naturlig døde trær en viktig rolle for eventuelle klimagevinster av bioenergi. Dessuten krever økt hogst lavere omløpstid i skogen, noe som vil føre til at skogens karbonlager minker på permanent basis.

Funnene i denne artikkelen støtter opp under de tall man kan få ut av datagrunnlaget til Klimakur 2020, se Goksøyr mfl. (2010). Imidlertid bygger regneeksemplet som er presentert på flere forutsetninger som bør vurderes. Ikke minst er utviklingen i mengden naturlig død ved en viktig faktor som det er grunn til å se nærmere på. Det bør likevel nevnes at jeg har foretatt følsomhetsanalyser som ikke er omtalt her, der sentrale forutsetninger er testet, blant annet forutsetningen om tidsutviklingen for oksidasjon av naturlig død ved. Analysene viser at justeringer av forutsetningene innenfor rimelige intervaller ikke endrer hovedbildet. Likevel må det understrekes at formålet med de presenterte beregningene ikke er å gi noen fasitsvar, men å vise hvor viktig det er å ta de dynamiske effekter av økt hogst mer alvorlig når man skal vurdere klimaeffektene av økt bruk av bioenergi fra trevirke.

Det er også viktig å huske på at analysene som her er presentert, ikke tar hensyn til at subsidiering av ulike alternative energiformer for å få redusert bruk av fossil energi, fører til at det samlede energiforbruket går opp. Tar man hensyn til denne typen forhold, vil det negative bildet av klimaeffekten av trevirke som brensel bli ytterligere forverret. En helhetlig analyse bør også inkludere denne typen virkninger.

Utgangspunktet for denne artikkelen er at en rekke av dagens klimatiltak bygger på forutsetningen om at bruken av trevirke som brensel er klimanøytralt. En revurdering av denne forutsetningen vil kunne føre til en tilsvarende revurdering av hvilke klimaprojekter som bør igangsettes. I Klimakur 2020 (2010) legges det for eksempel stor vekt på at syntetisk biodiesel er et prioritert klimatiltak som vil gi betydelige utslippsreduksjoner. Beregningene som er presentert her tyder derimot på at å erstatte fossil diesel med syntetisk biodiesel fra norsk trevirke vil gi en betydelig økning av nettoutslippene gjennom hele kommende århundre.

En revurdering av forutsetningen om trevirkets klimanøytralitet kan også føre til et behov for å revurdere dagens system for avgifter og subsidier som berører bioenergi og skogsdrift. Det er langt fra åpenbart at dagens politikk tar tilstrekkelig hensyn til skogens potensial som karbonlager og det faktum at forbrenning av trevirke fører til CO₂-utslipp.

Referanser

- Astrup, R., L. Dalsgaard, R. Eriksen og G. Høyen (2010): Utviklingsscenarioer for karbonbinding i Norges skoger, Upublisert notat fra Norsk institutt for skog og landskap, Ås.
- Barth, A. (1916): Norges skoger med stormskritt mot undergangen. *Tidsskrift for skogbruk* **24**: 123-154.
- Brekke, L. P. (2010): Bærekraftig bruk, god politikk. Dagens Næringsliv 7. mai 2010.
- Bright, R. M., og A. H. Strømman (2009): Life Cycle Assessment of Second Generation Bioethanol Produced From Scandinavian Boreal Forest Resources, *Journal of Industrial Ecology* **13**, 514-530.
- Goksøy, H. (2007): Skogsvirke som brensel øker CO₂-problemet. *Teknisk ukeblad* 22. august 2007.
- Goksøy, H., Olav Norem, B. Holtsmark, T. Refsdal (2010): Vil økt uttak av trevirke fra norsk skog øke CO₂-utslippene?, *forskning.no* 20. mars 2010.
- Klimakur 2020 (2010): Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020, Klima- og forurensningsdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat, Oljedirektoratet, Statistisk sentralbyrå, Statens vegvesen. Rapport TA2590
- Liski, T. P., M. Peltoniemi, R. Sievänen (2005): Carbon and decomposition model Yasso for forest soils, *Ecological Modelling* **189**, 168-182.
- Luyssaert, S., E. D. Schulze, A. Börner, A. Knohl, D. Hessenmöller, B. E. Law, P. Ciais, J. Grace (2008): Old-growth forests as global carbon sinks, *Nature* **455**, 213-215.
- Norem, O. (2008) Goksøy har rett – trærne er mest verdt i skogen. *Teknisk ukeblad* 30. mars 2008.
- Nilsen, P., K. Hobbestad, og N. Clarke (2008): Opptak og utslipp av CO₂ i skog. Vurdering av omløpstid, hogstmetode og hogstfredning for CO₂-binding i jord og trær. Rapport fra Institutt for skog og landskap 06/2008.
- Petersen, A. K., og B. Solberg (2005): Environmental and economic impacts of substitution between wood products and alternative materials: a review of micro-level analyses from Norway and Sweden, *Forest Policy and Economics* **7**, 249-259.
- Raymer, A. K. P. (2006): A comparison of avoided greenhouse gas emissions when using different kinds of wood energy, *Biomass and Bioenergy* **30**, 605-617.
- Refsdal, T. (2008a) Rotnar den norske skogen? Artikkel i *Aftenposten* 17/3 2008.
- Refsdal, T. (2008b) Useriøst om CO₂. Artikkel i *Aftenposten* 9/6 2008.
- Searchinger T. D. mfl (2009): Fixing a Critical Climate Accounting Error, *Science* **326**, 527-528.
- Sjølie, H. K., E. Trømborg, B. Solberg og T. F. Bolkesjø (2010): Effects and costs of policies to increase bioenergy use and reduce GHG emissions from heating in Norway, *Forest Policy and Economics* **12**, 57-66.
- Sjølie, H. K., og B. Solberg (2007): Skogsvirke som brensel reduserer CO₂-problemet, *Teknisk ukeblad* 9. september 2007.
- Sjølie, H. K., og B. Solberg (2009): Greenhouse gas implications by production of wood pellets at the Biowood Norway plant at Averøy, Norway. Rapport utarbeidet for BioWood Norway. Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø og biovitenskap.
- Solberg, B., H. K. Sjølie, E. Bergsø, R. Astrup (2010): Svartmalende forenkling om bioenergi. Artikkel på forskning.no 29. mars 2010.
- Zhang, Y., J. McKechnie, D. Cormier, R. Lyng, W. Mabee, A. Ogino, H. I. MacLean (2010): Life Cycle Emissions and Cost of Producing Electricity from Coal, Natural Gas, and Wood Pellets in Ontario, Canada, *Environmental Science & Technology* **44**, 538-544.
- Økstad, E. (2010): Skog som biomasseressurs. Klassekampen 5. mai 2010.